

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
“Харьковский авиационный институт”

ISSN 1727-7337

**АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ**

8 (125)

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

*Материалы, содержащиеся в журнале, опубликованы по решению
XX международного конгресса двигателестроителей*

Издание основано в 1993 г.

Выходит 6 раз в год

Харьков "ХАИ" 2015

Учредитель журнала **Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
"Харьковский авиационный институт"**

Утвержден в печать ученым советом Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", протокол № 10 от 24 июня 2015 г.

Главный редактор	Владимир Станиславович Кривцов , доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, ректор, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ".
-------------------------	---

Редакционная коллегия

- А. В. Гайдачук**, д-р техн. наук, проф. (заместитель главного редактора), лауреат Государственной премии Украины, проректор по ИР, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- А. Г. Гребеников**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- К. В. Безручко**, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- С. А. Бычков**, д-р техн. наук, проф., лауреат премии Совета Министров СССР, лауреат Государственной премии Украины, главный инженер, ГП «Антонов»;
- В. А. Богуслаев**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, Герой Украины, Председатель совета директоров, ПАО "Мотор Сич";
- В. Е. Гайдачук**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- А. В. Дегтярев**, д-р техн. наук, Генеральный конструктор – Генеральный директор Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное»;
- Е. А. Джур**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, зав. каф., Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара;
- А. И. Долматов**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- С. В. Елифанов**, д-р техн. наук, проф.; заслуженный деятель науки и техники Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Я. С. Карпов**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, проф. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Д. С. Кива**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, академик НАН Украины, Герой Украины, Президент – Генеральный конструктор, ГП «Антонов»;
- Г. А. Кривов**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, Председатель правления ПАО «Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии»;
- В. Н. Кобрин**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Г. И. Костюк**, д-р техн. наук, проф., проф. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- А. К. Мялица**, д-р техн. наук, лауреат Государственной премии СССР, Герой Украины, генеральный директор, Харьковское государственное авиационное производственное предприятие;
- Д. Ф. Симбирский**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии СССР, проф. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- В. С. Харченко**, д-р техн. наук, проф., заслуженный изобретатель Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Vladimir A. Golovanevskiy**, PhD, Professor, Curtin University of Technology, Australia;
- Michael Schenk**, Univ.-Professor, Doctor of Technical Sciences, Honorary Professor, multiple honorary doctor, Director of the Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF in Magdeburg, Germany.

Ответственный секретарь	А. Б. Лещенко , канд. техн. наук, доцент, доцент каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ".
--------------------------------	--

Свидетельство о государственной регистрации КВ № 7182 от 09.04.2003 г.

За достоверность информации несут ответственность авторы. Статьи печатаются на украинском, русском и английском языках после внешнего и внутреннего рецензирования.

Рукописи не возвращаются. При перепечатке материалов ссылка на журнал «АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» обязательна

Научно-технический журнал «Авиационно-космическая техника и технология»

- входит в утвержденный ГАК Перечень научных профессиональных изданий Украины, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (приказ МОН Украины №1279 от 6.11.2014 г.);

- сохраняется в общегосударственной реферативной базе данных «Україніка наукова» и публикуется в соответствующих тематических сериях украинского реферативного журнала «Джерело» (свободный он-лайн доступ к ресурсам на Web-сервере <http://www.nbuv.gov.ua>) (Украина),

- сохраняется в реферативной базе данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) Российской академии наук и публикуется в соответствующих тематических сериях РЖ (свободный он-лайн доступ к ресурсам на Web-сервере <http://www.viniti.ru>) (Российская Федерация).

- включен в международные библиометрические и наукометрические базы данных: научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (Российская Федерация); Index Copernicus (ICV 2013: 4,83) (Польша); Google Scholar (библиометрические показатели – quot.=2094 / h = 10 / i10 = 15).

СОДЕРЖАНИЕ

Технология производства летательных аппаратов	
<i>Мозговой В. Ф., Балушок К. Б., Панасенко В. А., Бирук М. К.</i> Современные методы предварительной обработки моноколёс ГТД на станках с ЧПУ	5
<i>Петрик И. А., Овчинников А. В., Селиверстов А. Г.</i> Разработка порошков титановых сплавов для аддитивных технологий применительно к деталям ГТД	11
<i>Синяева Н. П.</i> Визначення легуючих елементів у жароміцних сплавах на основі нікелю атомно-абсорбційним методом	17
<i>Снежной Г. В., Сажнев В. Н., Ольшанецкий В. Е.</i> Влияние химических компонентов на механические и магнитные свойства высокомарганцевых сталей.....	22
Аэродинамика, динамика, баллистика и управление полетом летательных аппаратов	
<i>Форгани Ф., Таеби-Рани М., Асадоллахи-Гохие А.</i> Численное исследование аэродинамических методов управления вектором тяги (на англ. яз.).....	27
<i>Приходько А. А., Алексеенко С. В.</i> Обледенение аэродинамических поверхностей: методика моделирования нарастания льда.....	35
Двигатели и энергоустановки аэрокосмических летательных аппаратов	
<i>Русанов А. В., Пащенко Н. В., Русанов Р. А.</i> Моделирование пространственных вязких течений в проточных частях энергетических турбин с использованием различных уравнений состояния	46
<i>Коробко В. В.</i> Аналіз можливостей вдосконалення термоакустичних теплових машин шляхом раціональної організації процесів теплообміну	52
<i>Жулай Ю. А.</i> Теоретическая оценка эффективности кавитационного теплогенератора.....	58
<i>Лоян А. В., Цаглов А. И.</i> Результаты разработки и испытаний микро расходного катода-нейтрализатора на рабочие токи до 300 мА	65
<i>Сорогин Ф. Г., Жеманюк П. Д., Трофимов В. П., Шахов Ю. В., Петухов И. И., Минячихин А. В.</i> Экспериментальное исследование распылительной системы охлаждения циклового воздуха ГТП	70

CONTENTS

Technology of production of aircraft	
<i>Mozgovej V. F., Baluchok K. B., Panasenko V. A., Biruk M. K.</i> Modern methodes of preliminary processing monowheels of turbine engins on machin CNC.....	5
<i>Petrik I. A., Ovchinnikov A. V., Seliverstov A. G.</i> Developing powders of titanium alloys for additive technologies as applied to gas turbine engine parts.....	11
<i>Sinyaeva N. P.</i> Determination of alloying elements in the superalloys on the basis of nickel by atomic-absorption method	17
<i>Snizhnoi G. V., Sazhnev V. N., Ol'shanetsky V. E.</i> Influence of chemical components on mechanical and magnetic properties manganese steels	22
Aerodynamics, dynamics, ballistics and flight control of aircraft	
<i>Forghany F., Taiebi-Rahni M., Asdollahi-Ghohieh A.</i> Numerical study of the aerodynamic effects on fluidic thrust vectoring	27
<i>Prykhodko O. A., Alekseyenko S. V.</i> Icing of airfoils: methodology of ice accretion	35
Engines and power plants aerospace of aircraft	
<i>Rusanov A. V., Paschenko N. V., Rusanov R. A.</i> Modeling of viscous flows in flow parts of power turbines using the different equations of state.....	46
<i>Korobko V. V.</i> Analysis of opportunities for improvements of thermoacoustic heat engines through the heat exchange processes rationalization	52
<i>Zhulay Yu. A.</i> Theoretical evaluation of efficiency factor of vortex heat generator	58
<i>Loyan A. V., Tsaglov O. I.</i> Results of micro mass flow cathode-neutralizer with operating current up to 300 mA development and testing ..	65
<i>Sorogin F. G., Zhemanyuk P. D., Trofimov V. P., Shakhov Y. V., Petukhov I. I., Minyachikhin A. V.</i> Experimental investigation of the gas turbine unit cyclic air spray cooling system.....	70

Тимошенко В. И., Дешко А. Е. К вопросу о рациональной организации процессов смешения и горения в камере сгорания ПВРД.....	75	Timoshenko V. I., Deshko A. Ye. On the rational implementation of processes of mixing and combustion within ramjet combustion chamber.....	75
Титов М. Ю., Лоян А. В. Измерение зондовых характеристик в разрядном канале стационарного плазменного двигателя.....	82	Titov M. Y., Loyan A. V. Measurements of probe characteristics in the discharge channel of stationary plasma thruster.....	82
Ткач М. Р., Тарасенко А. А. Стенд для исследования влияния масштабного фактора на параметры крутильных колебаний энергетических установок с МОД.....	89	Tkach M. R., Tarasenko A. A. Research stand based on parameters of torsional vibrations on low speed diesel engine for determination of size effect.....	89
Епифанов С. В., Щербань Б. А., Багаутдинов Н. Д., Черкасов Ю. В. Прогнозирование технического состояния турбореактивного двухконтурного двигателя.....	93	Yepifanov S. V., Scherban B. A., Bagautdinov N. D., Cherkasov Y. V. Turbofan technical condition forecast.....	93
Информационные технологии		Information technologies	
Гвоздева И. М. Оптимизация характеристик направленности систем акустических датчиков.....	102	Gvozdeva I. M. The directional characteristics optimization of acoustic sensors systems.....	102
Гожий О. П., Гожий В. О. Моделирование розподілу енергетичних ресурсів на основі кольорових мереж Петрі.....	107	Gozhyj A. P., Gozhyj V. A. Distribution of energy resources modeling based on color Petri nets.....	107
Журавлёв В. Н. Феноменологическая модель процесса излучения энергии звука в процессе горения.....	112	Zhuravlev V. N. Phenomenological model of process of radiation of energy of the sound in the course of detonation combustion.....	112
Ігнаткін В. У., Томашевський О. В. Коректування тривалості міжповірочних інтервалів засобів виміральної техніки за їх поточним технічним станом.....	119	Ignatkin V. U., Tomashevskiy A. V. Correction for calibration interval of measuring equipment at their current technical states.....	119
Рева О. М., Мухтаров П. Ш., Мірзоев Б. М., Султанов В. З. Модель інтегративної оцінки ставлення авіадиспетчерів до порушення норми ешелонування повітряного простору.....	123	Reva O. M., Mukhtarov P. S., Mirzoyev B. M., Sultanov V. Z. Integrative model of assessment air traffic controllers to violation of the separation in the airspace.....	123
Семчишин С. М., Качура В. А. Автоматизированный регистратор параметров переносной – расширение функциональных возможностей.....	130	Semchyshyn S. M., Katchura V. A. Portable automated parameters recorder – extension of functional capabilities.....	130
Третьяк В. В. Реализация классификационного этапа в системе СПРУТ для разработки новых технологических процессов импульсных технологий.....	134	Tretyak V. V. The implementation of the classification phase in the system SPRUT to develop new processes of pulse technologies.....	134
Иващенко А. И., Цалимов Г. Ф., Нерубасский В. В., Лопунова Н. Н. Автоматизация технологического процесса проверки электрических жгутов авиационных ГТД.....	138	Ivashchenko A. I., Tsalimov G. F., Nerubasskiy V. V., Lopunova N. N. Automation of technological process checks electrical harnesses GTE of the aircraft.....	138
Алфавитный указатель.....	142	Index.....	142

УДК 656.7.084.17(08)

О. М. РЕВА¹, П. Ш. МУХТАРОВ², Б. М. МІРЗОЄВ², В. З. СУЛТАНОВ³¹ *Національний авіаційний університет, Київ, Україна*² *Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS, Баку, Азербайджанська Республіка*³ *Управління Повітряним Рухом «Азераеронавігація» AZANS, Національна Академія Авіації, Баку, Азербайджанська Республіка*

МОДЕЛЬ ІНТЕГРАТИВНОЇ ОЦІНКИ СТАВЛЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ ДО ПОРУШЕННЯ НОРМИ ЕШЕЛОНУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

Враховуючи поточну парадигму концепції ІКАО та вплив людського чинника на безпеку польотів, визначено, що головним положенням концепції є «ставлення співробітників організацій до небезпечних дій або умов», що дозволяє розглядати інші її складові через призму зазначеного. Узавши за основу норму ешелонування повітряного простору $S=10$ km, встановлену для диспетчерських районів АРР, ТМА та підсумовуючи результати комплексних досліджень з виявлення ставлення авіадиспетчерів до її порушень, обґрунтовано застосування мультиплікативної функції Харрінгтона для виявлення відповідної інтегративної оцінки, якій притаманна системна властивість емерджентності. Аргументом функції є відносні показники основної домінанти прийняття рішень авіадиспетчерами, рівні їх домагань та показник незначного ризику (по шкалі ІКАО), виявлений з аналізу нечіткої моделі небезпеки порушення норми ешелонування. Визначено, що на абсолютній шкалі розмірністю $[0, 1]$ шуканий інтегративний показник складає величину 0,62.

Ключові слова: безпека польотів, людський чинник, авіадиспетчер, норми ешелонування повітряного простору, ставлення до порушень норм, мультиплікативна функція Харрінгтона, інтегративний показник небезпеки.

Вступ

У міру розвитку науково-технічного прогресу (НТП) у цивільній авіації (ЦА) та прогнозованого суттєвого збільшення авіаційних перевезень [1], світова авіаційна спільнота все більше уваги приділяє питанням глобального забезпечення безпеки польотів (БП) [2]. Враховуючи вплив різноманітних чинників, особливо людського чинника (ЛЧ), на БП [3], ІКАО видала спеціальний циркуляр, у якому зазначається, що «контроль чинників загрози і помилок (КЗП) є генеральною концепцією забезпечення безпеки польотів в тому, що стосується виробництва польотів і працездатності людини» [4]. Концепція КЗП сприяла як більш повній інтеграції в практичну діяльність ЦА знань про ЛЧ, так і забезпеченню авіаційних фахівців належною інформацією для ефективного керування БП (КБП) [5].

В авіаційно-транспортній системі (АТС) особливо значущими є загрози і помилки (ЗіП), що виникають під час прийняття рішень (ПР) авіаційними операторами (АО) «переднього краю» (авіадиспетчерами (А/Д), членами льотного екіпажу), зокрема у логічних операціях, підрахунках, під час вирішення польотних задач, що потребують творчого (евристичного) мислення [4, 6]. Такий підхід до встанов-

лення причин ЗіП, пов'язаних з ЛЧ, є закономірним, оскільки професійну діяльність АО зазвичай розглядають як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явній і неявній формі та під впливом багатьох чинників різноманітного характеру, у тому числі ризиків стохастичної і нестохастичної природи [7].

Якщо йдеться про рішення, що призвели до виникнення ЗіП в АТС, то в переважній більшості випадків мається на увазі не те, що рішення взагалі не приймаються АО, які безпосередньо відповідають, забезпечують і впливають на рівень БП, а про те, що ці рішення є помилковими чи навіть хибними [8]. Очевидно, що такого роду рішення є, насамперед, наслідком неправильної оцінки АО професійної ситуації, що склалася. Тому їх професійна підготовка (ПП) має відбуватися з урахуванням необхідності формування стійких знань, вмінь та навичок з розпізнавання можливих ЗіП у професійній діяльності. З іншого боку, розробка та реалізація ефективних заходів з профілактики авіаційних пригод (АП) та ефективного КБП неможлива без проактивного урахування ставлення АО до ЗіП. Тому зовсім не випадково у праці [9] було обґрунтовано, що зі спектру положень, які утворюють поточну парадигму ІКАО в галузі БП [5], головнішим є «ставлення авіаційно-

го персоналу до небезпечних дій або умов», оскільки саме воно є головним логічним поясненням негативного впливу ЛЧ на БП.

1. Аналіз досліджень та публікацій

У контексті вищезазначеного цікавими для теорії і практики забезпечення БП в АТС, у тому числі аеронавігаційних системах, є виявлення ставлення А/Д з точки зору ПР до можливих ЗіП при порушенні норм ешелонування повітряного простору (НЕПП). Дослідження [7, 9-15 та ін.] встановили, що в аеронавігаційних системах зазначене «ставлення» найкращим чином характеризується:

– основна домінанта ПР (ОДПР) в умовах ризику, яка характеризує схильність, несхильність, байдужість до ризику і визначається шляхом побудови та аналізу оціночної функції корисності (ОФК) нормативної відстані між повітряними судами (ПС) за обмеженою кількістю точок (закрита задача ПР (ЗПР)). ОДПР є складовою моделі проблемної ситуації, що розв'язуються А/Д під час безпосереднього обслуговування повітряного руху (ОПР) [16], а також показником мотивації на досягнення успіху чи запобігання невдачі;

– рівень домагань (РД) А/Д, який визначається шляхом побудови та аналізу ОФК нормативної відстані між ПС за формально необмеженим числом точок (відкрита ЗПР). Під РД відповідно до [7, 9-11, 17] розумітимемо точку на шкалі об'єктивних показників професійної діяльності, яка відповідає максимальному стрибку корисності (бажаності, прийнятності) в уяві А/Д. Під час розслідування АП встановлено, що показник РД найкращим чином характеризує направленість особистості, яка була її учасником, та адекватність її самооцінки [18];

– нечіткі моделі ставлення А/Д до порушення НЕПП, що будуються, спираючись на якісні критерії ІКАО, як функції належності (ФН) терм-множини лінгвістичної змінної (ЛЗ) «рівень безпеки (РН)» на континуумі НЕПП:

$$T^M(\text{РН}) = \begin{matrix} \text{К} & & \text{НБ} \\ \text{катастрофічний} & + & \text{небезпечний} \\ \text{С} & & \text{М} \\ \text{+ суттєвий} & + & \text{незначний} & + & \text{мізерний}, \end{matrix} \quad (1)$$

де «+» – позначка логічного поєднання термів у шкалу безпеки ІКАО [3].

Авторами праці [19] обґрунтована можливість застосування мультиплікативного підходу, зокрема функції бажаності Харрінгтона для встановлення, спираючись на відносні значення перелічених показників, інтегративної (агрегованої, цілісної) оцінки ставлення А/Д до РН порушення НЕПП, якій і лише якій притаманна системна властивість емерджентності [20]:

$$\Phi_{\text{РН}}(S_{\text{НЕПП}}) = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k \dot{R}_i}, \quad (2)$$

де \dot{R}_i – частинний відносний показник РН порушення НЕПП, зокрема:

$$\dot{R}_1 = \dot{R}_{\text{ОДПР}} = \frac{S_j}{S_{\text{НЕПП}}}; \quad (3)$$

– частинний відносний показник порушення НЕПП, що визначається співвідношенням аргумента характерної точки ОФК з НЕПП;

$$\dot{R}_2 = \dot{R}_{\text{РД}} = \frac{S_{\text{РД}}}{S_{\text{НЕПП}}} \quad (4)$$

– частинний показник, що визначається співвідношенням РД з НЕПП;

$$\dot{R}_3 = \dot{R}_{\text{НЗ}} = \frac{S_{\text{НЗ}}}{S_{\text{НЕПП}}} \quad (5)$$

– частинний показник, що визначається співвідношенням аргументу точки перетину ФН «незначний РН» і «суттєвий РН» з НЕПП.

Автори праці [21] виявили, що у загальному випадку мультиплікативна функція бажаності Харрінгтона виду (2) може бути кількісним, однозначним, єдиним і універсальним інтегративним показником в багатьох напрямках досліджень. Причому враховуючи ще і притаманні їй властивості адекватності, ефективності і статистичної чутливості, узагальнену функцію бажаності (2) дійсно можна застосовувати як критерій оптимізації. Наведена теза підтверджена у праці [22], де виявлено, що завдяки досліджуваній мультиплікативній функції бажаності виникає можливість запобігати помилок І-ІІ роду в оцінці рівнів ПП АО, що є незвичайно важливим з точки зору забезпечення належного рівня БП.

Враховуючи наведене, формула (2) перетворюється на таку:

$$\begin{aligned} \Phi(S_{\text{НЕПП}}) &= \sqrt[k]{\dot{R}_{\text{ОДПР}} \cdot \dot{R}_{\text{РД}} \cdot \dot{R}_{\text{НЗ}}} = \\ &= \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \sqrt[k]{S_{\text{ОДПР}} \cdot S_{\text{РД}} \cdot S_{\text{НЗ}}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Розглянутий підхід було застосовано для виявлення агрегованої (інтегративної, цілісної) оцінки ставлення А/Д до порушень НЕПП $S=20$ km, нормативно введеної ІКАО для повітряних суден (ПС), що летять на одному рівні (ешелоні) встановленими маршрутами обслуговування повітряного руху (ОПР) в диспетчерських районах АСС (Area Control Center - районний диспетчерський центр), АРР (Approach Control – диспетчерське обслуговування заходу на посадку (ЗП) [19].

Результати зазначених досліджень дозволили встановити, що інтегративний показник (6) дорівнює величині $\Phi_{\text{РН}}(S_{\text{НЕПП}}=20 \text{ km})=0,67$. І оскільки цей показник вимірюється у абсолютній шкалі розмірності

стю $f_{PH}(S)=[0, 1]$, то отримане його значення нескладно інтерпретувати з точки зору ставлення А/Д до забезпечення належного рівня БП.

Однак, в праці [19] недостатньо обґрунтовано, які саме характерні точки ОФК, вирішуючи закрити ЗПР, слід брати за основу при визначенні частинного показника (3), тобто $\dot{R}_{ОДПР}$. З іншого боку, чим більший спектр НЕПП буде охоплений відповідними дослідженнями, тим більш системне уявлення щодо ставлення А/Д до порушень НЕПП буде проактивно отримано і застосовано у подальшій профілактичній роботі з попередження АП.

2. Постановка завдання

Таким чином, виходячи з вищезазначеного, **метою** цієї публікації є, по-перше, уточнення формули (3) і, як наслідок, формули (6) з точки зору обґрунтування характерних точок ОФК, що будується для закритої ЗПР, аргументи яких мають бути застосовані для встановлення частинних показників $\dot{R}_{ОДПР}$; по-друге, охоплення відповідними дослідженнями НЕПП S=10 km, що встановлена ІКАО

для диспетчерських районів APP, ТМА.

3. Уточнення інтегративної функції та оцінка ставлення авіадиспетчерів до порушення норми ешелонування повітряного простору S=10 km

До досліджень було залучено 70 професійних А/Д, співробітників Головного центру Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS Азербайджанської Республіки. Застосовуючи відповідні методи та процедури [7, 9-15], вони висловили свої думки щодо небезпеки порушення досліджуваної НЕПП S=10 km, які були узагальнені і подані на рис. 1-3.

Оскільки рис. 2 лише ілюструє збір необхідної експертної інформації для встановлення РД А/Д, то результати статистичної обробки показників характерних точок відповідної ОФК, побудованої для вирішення закритої ЗПР, подані у табл. 1.

Отже, як бачимо з рис. 1, ОДПР визначається схильністю, несхильністю, байдужістю до ризику.

Тоді інтегрований показник $\dot{R}_{ОДПР}$ має враховувати усі доміанти ставлення до ризику під час

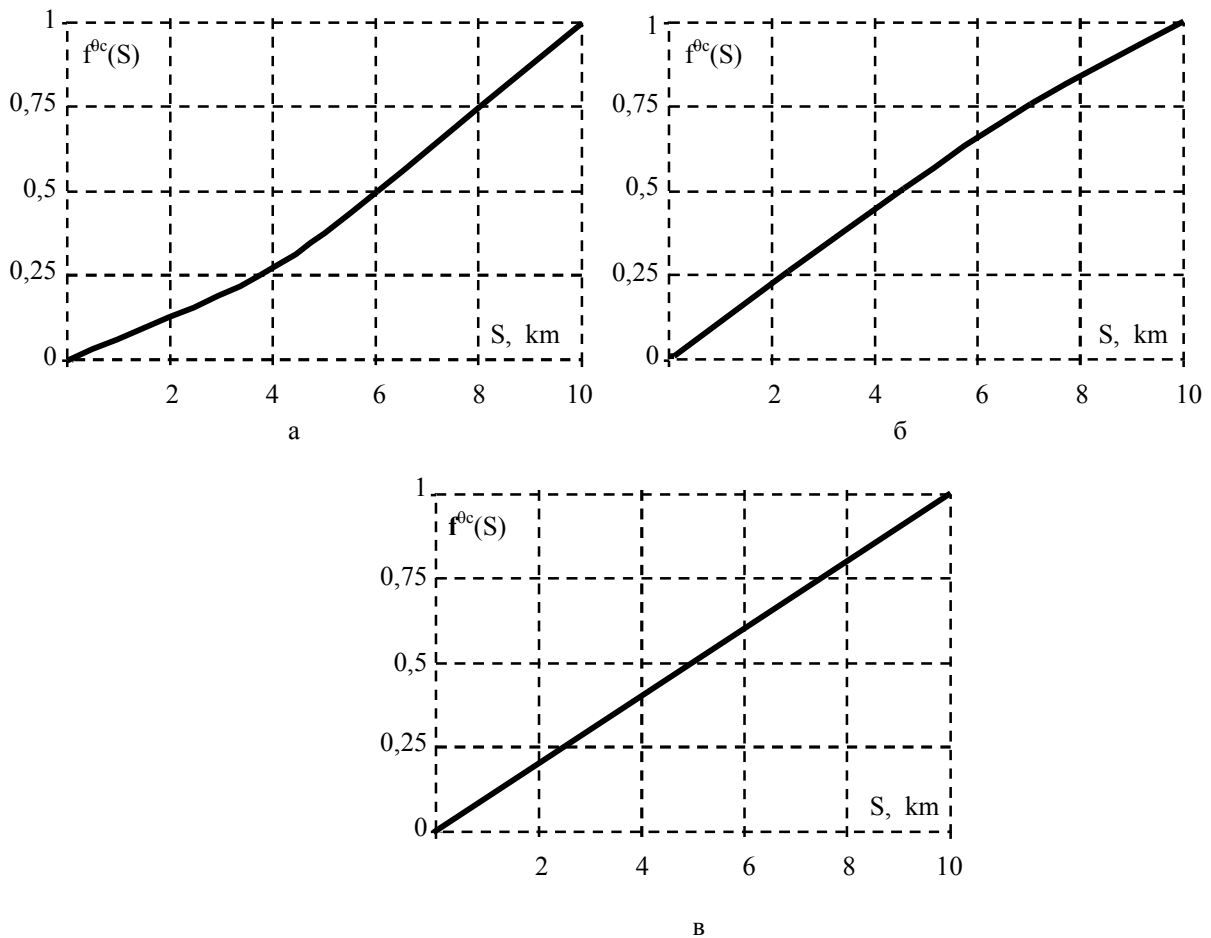


Рис. 1. Узагальнені оціночні функції корисності норми ешелонування повітряного простору S=10 km: а – схильність, б – несхильність, в – байдужість до ризику

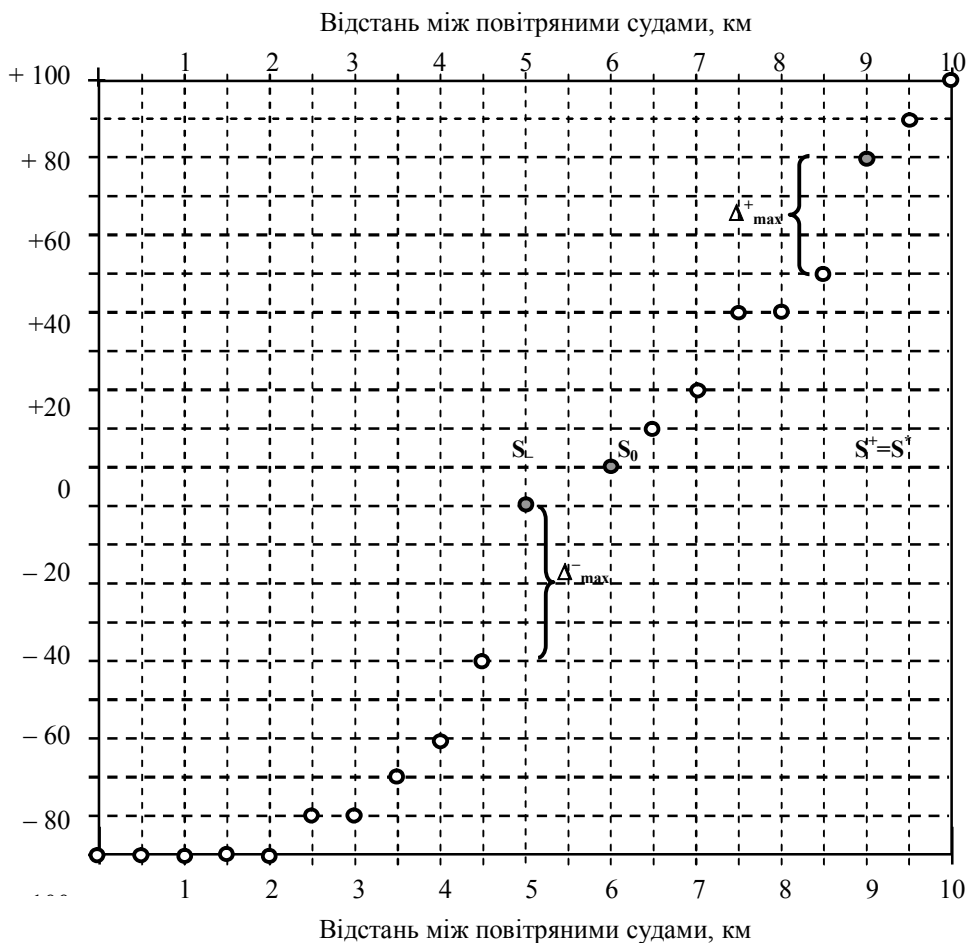


Рис. 2. Приклад побудови оціночної функції корисності відстані між повітряними судами для встановлення рівнів домагань авіадиспетчерів на континуумі норми ешелонування повітряного простору $S=10$ km

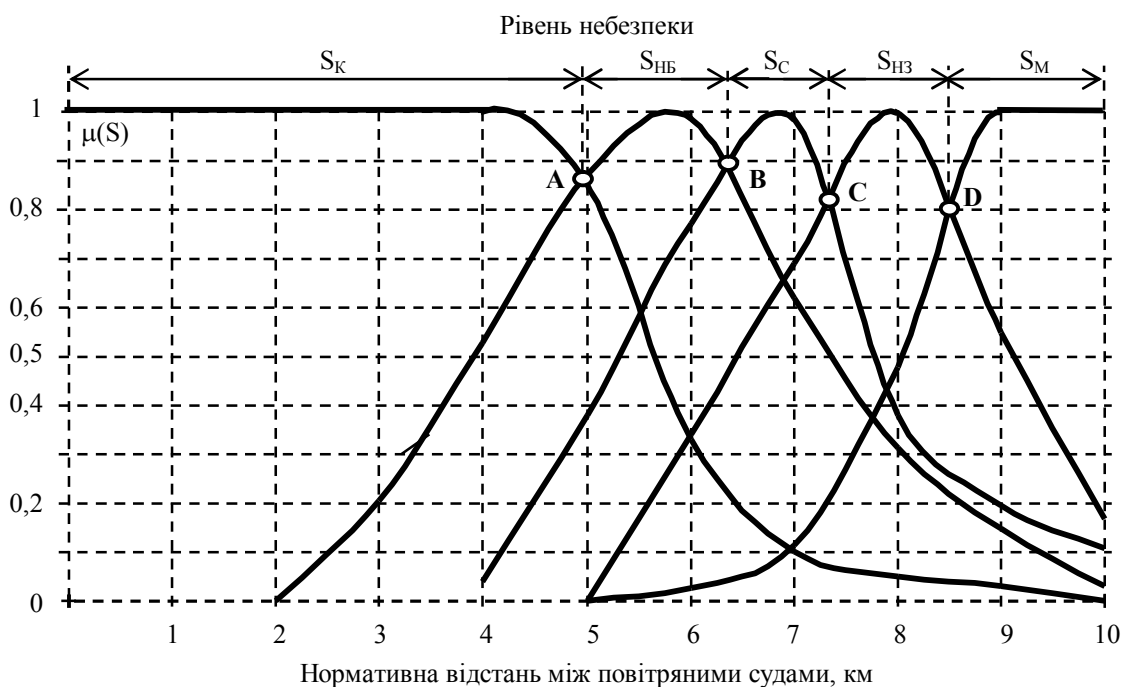


Рис. 3. Нечітка модель ставлення авіадиспетчерів до порушень норми ешелонування повітряного простору $S=10$ km

Таблиця 1

Результати статистичної обробки кількісних показників характерних точок оціночних функцій корисності
 Норми ешелонування повітряного простору S=10 km

№ з.п.	Характерна точка оціночної функції корисності	Статистичні показники					
		\bar{S}	D	σ	As	Ex	ν , %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	S ₋	4,44	1,68	1,29	0,01	2,35	29,15
2	S ₀	5,84	1,81	1,35	0,33	3,80	23,03
3	S*	8,40	2,12	1,46	-0,56	2,67	17,32

Примітки: S₋ – точка, що відповідає стрибку негативної корисності відстані між повітряними судами; S₀ – точка, що відповідає переходу негативної корисності (прийнятності, бажаності) відстані між повітряними судами в позитивну; S* – точка, що відповідає рівню домагань на континуумі норми ешелонування; \bar{S} – середнє значення показника; D – дисперсія; σ – середньквдратичне відхилення; As – асиметрія; Ex – ексцес; ν – коефіцієнт варіації.

ПР А/Д. Враховуючи вищенаведені позитиви мультиплікативної функції бажаності Харрінгтона отримуємо цей показник таким чином:

$$\dot{R}_{\text{ОДПР}} = \sqrt[3]{\frac{S_{i \text{ сх.}}}{S_{\text{НЕПП}}} \cdot \frac{S_{j \text{ несах.}}}{S_{\text{НЕПП}}} \cdot \frac{S_{k \text{ байд.}}}{S_{\text{НЕПП}}}} = \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \sqrt[3]{S_{i \text{ сх.}} \cdot S_{j \text{ несах.}} \cdot S_{k \text{ байд.}}} \quad (7)$$

Таким чином, порушується питання визначення які саме характерні точки ОФК на рис. 1 зі всього їх спектру мають бути вибрані для застосування у формулі (7). Причому вони мають певним чином корелювати з характерними точками рис. 2 і 3. Спираючись на результати досліджень [11], вважаємо можливим встановити таке співвідношення характерних точок зазначених рисунків:

– РД S*_{сх.} схильних до ризику А/Д еквівалентний за корисністю відстані між ПС, яка при встановленні відповідної ОДПР має корисність 0,5:

$$S_{\text{сх.}}^* \approx S_{0,5 \text{ сх.}} \quad (8)$$

– РД S*_{несх.} несахильних до ризику А/Д близький за величиною відстані між ПС, яка при встановленні ОДПР має корисність 0,75:

$$S_{\text{несх.}}^* \approx S_{0,75 \text{ несах.}} \quad (10)$$

– РД S*_{байд.} А/Д, байдужих до ризику, займає проміжне значення між відстанями, що при встановленні ОДПР А/Д мають корисність 0,5 і 0,75:

$$S_{0,75 \text{ байд.}} \leq S_{\text{байд.}}^* \leq S_{0,5 \text{ байд.}} \quad (11)$$

Таким чином, враховуючи вираз (11), показник $\dot{R}_{\text{байд.}}$, спираючись знову ж таки на мультиплікативну функцію Харрінгтона, визначається як наступне середнє геометричне:

$$\dot{R}_{\text{байд.}} = \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \sqrt{S_{0,5 \text{ байд.}} \cdot S_{0,75 \text{ байд.}}} \quad (12)$$

В такому випадку нескладно визначити й інтегративний показник $\dot{R}_{\text{ОДПР}}$:

$$\begin{aligned} \dot{R}_{\text{ОДПР}} &= \sqrt[3]{\dot{R}_{\text{сх.}} \cdot \dot{R}_{\text{несх.}} \cdot \dot{R}_{\text{байд.}}} = \\ &= \sqrt[3]{\frac{S_{0,5 \text{ сх.}}}{S_{\text{НЕПП}}} \cdot \frac{S_{0,75 \text{ несах.}}}{S_{\text{НЕПП}}} \cdot \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \sqrt{S_{0,5 \text{ байд.}} \cdot S_{0,75 \text{ байд.}}}} = \\ &= \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \sqrt[3]{S_{0,5 \text{ сх.}} \cdot S_{0,75 \text{ несах.}} \cdot \sqrt{S_{0,5 \text{ байд.}} \cdot S_{0,75 \text{ байд.}}}} \quad (13) \end{aligned}$$

Таким чином, формула (6) буде мати такий остаточний вигляд:

$$\begin{aligned} \varphi(S_{\text{НЕПП}}) &= \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \sqrt[3]{\dot{R}_{\text{ОДПР}} \cdot \dot{R}_{\text{РД}} \cdot R_{\text{НЗ}}} = \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \times \\ &\times \sqrt[3]{\sqrt[3]{S_{0,5 \text{ сх.}} \cdot S_{0,75 \text{ несах.}} \cdot S_{\text{байд.}}} \cdot S_{\text{РД}} \cdot S_{\text{НЗ}}} = \frac{1}{S_{\text{НЕПП}}} \times \\ &\times \sqrt[3]{\sqrt[3]{S_{0,5 \text{ сх.}} \cdot S_{0,75 \text{ несах.}} \cdot \sqrt{S_{0,5 \text{ байд.}} \cdot S_{0,75 \text{ байд.}}}} \cdot S_{\text{РД}} \cdot S_{\text{НЗ}}} \quad (14) \end{aligned}$$

З рис. 1, 2 та даних табл. 1 нескладно встановити такі значення шуканих показників:

$$\begin{aligned} S_{0,5 \text{ сх.}} &= 6,02 \text{ km}, & S_{0,75 \text{ несах.}} &= 7,00 \text{ km}, \\ S_{0,5 \text{ байд.}} &= 5 \text{ km}, & S_{0,75 \text{ байд.}} &= 7,5 \text{ km}, \\ S_{\text{РД}} &= 8,40 \text{ km}, & S_{\text{НЗ}} &= 7,36 \text{ km}. \end{aligned}$$

Підставляючи встановлені значення показників в формулу (14), отримуємо шукане інтегративне значення введеного показника ставлення А/Д до порушень НЕПП S=10 km:

$$\varphi(S_{\text{НЕПП}}) = \frac{1}{10} \sqrt[3]{\sqrt[3]{6,02 \cdot 7 \cdot \sqrt{5 \cdot 7,5}} \cdot 8,4 \cdot 7,36} = 0,62$$

Таким чином, випробувані А/Д вважають, що зможуть забезпечити належний рівень БП, якщо під час виконання професійних обов'язків з ОПР відстань між керованими ПС буде не меншою 60% від досліджуваної НЕПП S=10 km.

Висновки

Узагальнюючи отримані і подані в цій публікації нові наукові результати, вкажемо на такі найбільш суттєві положення.

1. Уточнена мультиплікативна модель, в якості якої застосована функція бажаності Харрінгтона, що дозволяє отримати агреговану (інтегративну, цілісну) оцінку ставлення А/Д до НЕПП. Уточнення полягає у обґрунтуванні характерних точок ОФК, схильних, несхильних, байдужих до ризику А/Д, аргументи яких застосовані для також мультиплікативного визначення відносного показника $\dot{R}_{\text{ОДПР}}$.

2. Встановлено, що інтегративний показник ставлення А/Д до порушення НЕПП $S=10 \text{ km}$ складає величину $\varphi(S_{\text{НЕПП}} = 10 \text{ km}) = 0,62$. Таким чином, випробувані А/Д вважають, що зможуть забезпечити належний рівень БП, якщо під час виконання професійних обов'язків з ОПР відстань між керованими ПС буде не меншою 60% від досліджуваної НЕПП.

3. Подальші дослідження слід проводити у напрямках:

- охоплення оцінюванням ставлення А/Д до порушень усього спектру НЕПП, що застосовується при організації ОПР;
- проведення тренажерних досліджень з перевірки отриманих результатів.

Література

1. Прогноз развития воздушного транспорта до 2025 года [Электронный ресурс]. – ICAO, Монреаль, Канада, 2007. – 64 с. – Режим доступа: <http://www.aerohelp.ru/data/432/Cir313.pdf>. – 2.05.2015.
2. Глобальный план обеспечения безопасности полетов: 2014-2016 [Электронный ресурс]. – ICAO, Монреаль, Канада, 2014. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/1543451/>. – 2.05.2015.
3. Человеческий фактор. Сборник материалов № 7 "Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах" (Cir 240) [Текст]. – ICAO, Монреаль, Канада, 1993. – 78 с.
4. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением: Cir. ICAO 314 – AN / 178 [Электронный ресурс]. – Монреаль, Канада, 2008. – Режим доступа: http://aviadocs.net/icaodocs/Cir/314_ru.pdf. – 2.05.2015.
5. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Электронный ресурс] : Doc. ICAO 9859 – AN / 474 ; 3-е издание. – Монреаль, Канада, 2013. – Режим доступа: <http://www.caa.kg/downloads/doc9859.pdf>. – 5.04.2015.
6. Фрейми інтелектуальної системи аналізу помилки авіадиспетчерів [Текст] / О. М. Рева, А. М. Невиніцин, Ш. Ш. Насіров [та ін.] // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2011. – № 6. – С. 102-110.
7. Рева, А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст] : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2007. – 242 с.
8. Информационный бюллетень по безопасности полетов, 2013-01 [Текст]. – 12 с.
9. Рева, О. М. Визначення рівнів домагань студентів-диспетчерів на континуумі норми ешелонування 10 кілометрів [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT - 2015): матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф.* – Херсон, 26-28 травня 2015 р. – Херсон : Вид-во ХДМА, 2015. – С. 23-27.
10. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО [Текст] / А. Н. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров [и др.] // *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : матеріали 4-ї Всеукр. наук.-практ. конф.* – Херсон, 9-11 жовтня 2013 р. – Херсон : Вид-во ХДМА, 2013. – С. 334-338.
11. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження [Текст] / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2013. – № 8 (105). – С. 273-281.
12. Рева, А. Н. Нечеткая оценка риска нестыковки блоков «человек - процедуры» модели SHELL ИКАО [Текст] // А. Н. Рева, С. П. Борсук // *Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту : мат. Міжнар. наук. конф., присвяченої пам'яті проф. Ф. Б. Рогальського, с. Залізний Порт Херсонської обл., 28-31 травня 2014 р.* – Херсон : Вид-во ХНТУ, 2014. – С. 153-155.
13. Мухтаров, П. Ш. Основные доминанты в принятии решений авиадиспетчером при оценке полезности-безопасности нормы эшелонирования воздушного пространства [Текст] / П. Ш. Мухтаров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2014. – № 9(116). – С. 143-150.
14. Features of ICAO «risk triangle» solution of human factors complicated standards of the airspace separation [Text] / A. Reva, B. Mirzayev, P. Mykhtarov, Sh. Nasirov // *Aviation in the XXI-st century: The sixth world congress. Safety in Aviation and Space Technologies, - September, 23-25, 2014, Kyiv, Ukraine.* – K. : NAU, 2014. – P. 9.272-9.276.
15. Reva, O. Multiplication of Air Accidents Frequency and Hazard Desirability Coefficients for ICAO Safety Risk Tolerability Matrix Solution [Text] / S. Borsuk, O. Reva, V. Kharchenko // *Logistics and Transport.* – 2015. – No. 1 (25). – P. 63-69.
16. Рева, О. М. Модель проблемної ситуації в системах управління повітряним рухом [Текст] / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2008. – № 6. – С. 30-35.
17. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений [Текст] : пер. с польск. / Ю. Козелецкий / под ред. Б. В. Бирюкова. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.
18. Про затвердження Правил медичного розслідування авіаційних подій : Наказ Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації від 5 грудня 2005 р. № 919 [Електронний ре-

сурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0043-06>. – 05.05.2015.

19. Розробка метода агрегованої оцінки ставлення диспетчерів обслуговування повітряного руху до ризику [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT - 2015) : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 26-28 травня 2015 р. – Херсон : Вид-во ХДМА, 2015. – С. 42-45.

20. Надежность и эффективность в технике [Текст] : Справочник в 10 т. – Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред.

В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.

21. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 278 с.

22. Мультипликативный подход к интегральной оценке уровня профессиональной подготовки авиационных операторов [Текст] / А. Н. Рева, В. А. Шульгин, С. П. Борсук [и др.] // Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasının. – Bakı, İyul-Sentyabr 2014, Bakı. – Cild 16. – № 3. – С. 42-51.

Надійшла до редакції 07.05.2015, розглянута на редколегії 19.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів, заслужений діяч науки і техніки України С. В. Єпіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

МОДЕЛЬ ИНТЕГРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ОТНОШЕНИЯ АВИДИСПЕТЧЕРОВ К НАРУШЕНИЯМ НОРМЫ ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

А. Н. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев, В. З. Султанов

Учитывая текущую парадигму концепции ИКАО и влияние человеческого фактора на безопасность полетов, определено, что главным положением концепции является «отношение сотрудников организаций к опасным действиям или условиям», что позволяет рассматривать иные ее составляющие через призму указанного. Взяв за основу норму эшелонирования воздушного пространства $S=10$ km, установленную для диспетчерских районов APP, TMA и подытоживая результаты комплексных исследований по выявлению отношения авиадиспетчеров к ее нарушениям, обосновано применение мультипликативной функции Харрингтона для выявления соответствующей интегративной оценки, которой присуще системное свойство эмерджентности. Аргументом функции являются приведенные показатели основной доминанты принятия решений авиадиспетчерами, уровни их притязаний и показатель незначительного риска (по шкале ИКАО), выявленный из анализа нечеткой модели опасности нарушения нормы эшелонирования. Определено, что на абсолютной шкале размерностью $[0, 1]$ искомый интегративный показатель составляет величину 0,62.

Ключевые слова: безопасность полетов, человеческий фактор, авиадиспетчер, нормы эшелонирования воздушного пространства, отношение к нарушениям норм, мультипликативная функция Харрингтона, интегративный показатель опасности.

INTEGRATIVE MODEL OF ASSESSMENT AIR TRAFFIC CONTROLLERS TO VIOLATION OF THE SPERATION IN THE AIRSPACE

O. M. Reva, P. S. Mukhtarov, B. M. Mirzoyev, V. Z. Sultanov

Taking into account current paradigm concept of ICAO and influence of human factor on flight safety, that is the fact that the main concept of the concept is the “stuff attitude to hazardous activity or condition”, which allows to consider its basic parts from the prism pointed out. Taking as a basic norm of airspace separation $S=10$ km established for Air Traffic Controllers (ATC) positions APP, TMA and sum up complex researches for revealing ATC’s attitude to Violations, substantiated application multiplicative function of Harrington for revealing correspond to integrative assessment, which inherent to emergencies features. Argument of the function is cited to main factor dominating decision making by ATC, level of their pretension and factor of insignificant risk (by ICAO level), ascertained from analysis of indistinct model violation threat separation norms. It’s clear that with absolute scale dimensionality $[0, 1]$ seeking integrative factors is 0,62.

Keywords : flight safety, human factor, air traffic controller, airspace separation norms, aptitude to norm violation, multiplicative function of Harrington, integrative factors of hazard.

Рева Олексій Миколайович – д-р техн. наук, проф., проф. каф. дистанційного навчання, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна; e-mail: ran54@meta.ua.

Мухтаров Пейман Ширин-огли – інструктор тренажерного центра, Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS Азербайджанської Республіки, г. Баку; e-mail: Peyman.Mukhtarov@gmail.com

Мірзоев Бала Мушгюль-огли – д-р філософії по техніці, начальник, Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS Азербайджанської Республіки, г. Баку, e-mail: BalaMirzayev@azans.az.

Султанов Валерій Зейнатдинович – канд. техн. наук, доцент, зав. каф. Аеронавігації, Національна Академія Авіації, директор Управління Повітряним Рухом «Азераеронавігація» AZANS, м. Баку, Азербайджанська Республіка; e-mail: ofis@azans.az.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

**АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА
І ТЕХНОЛОГІЯ**

8'2015

Адреса редакції:

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

Україна, 61070, Харків–70, вул. Чкалова, 17

e-mail: ntrio@khai.edu, alexlesch@mail.ru, aleksandr.leshchenko@gmail.com, alexlesch@ukr.net

Віддруковано ФОП Лисенко І. Б.

61070, Харків – 70, вул. Чкалова, 17, моторний корпус, к. 147

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2607 від 11.09.06 р.

*Уважаемые руководители предприятий (организаций),
специалисты, читатели, авторы журнала
"Авиационно-космическая техника и технология"!*

Продолжается подписка на **2015** и **2016** г. г.

Индекс журнала в Каталоге подписных изданий Украины – **08985**

**АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИЯ**

8'2015

Ответственный за выпуск С. В. Елифанов

Редактор Н. В. Алиева

Компьютерный набор Т. С. Пискловой

Компьютерная верстка Ю. А. Лещенко

Оригинал-макет изготовлен на кафедре информационных управляющих систем
Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского
“Харьковский авиационный институт”

Подписано в печать 29.06.2015

Формат 60x84 1/8. Бум. офс. № 2. Офс. печ.

Усл. печ. л. 16,62 Уч.-изд. л. 15,77 Т. 100 экз. Заказ 290. Цена договорная

Адрес редакции:

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
"Харьковский авиационный институт"

Украина, 61070, Харьков–70, ул. Чкалова, 17

e-mail: ntrio@khai.edu, alexlesch@mail.ru, aleksandr.leshchenko@gmail.com, alexlesch@ukr.net

Отпечатано ФЛП Лысенко И. Б.

61070, Харьков – 70, ул. Чкалова, 17, моторный корпус, к. 147

Свидетельство о внесении субъекта издательского дела в государственный реестр издателей, изготовителей
и распространителей издательской продукции ДК № 2607 от 11.09.06 г.